Archive of SID

تعیین گذرگاه احتمالی پلنگ ایرانی (*Pantera pardus saxicolor*) بین دو زیستگاه پناهگاه حیات‌وحش خوش‌ییلاق و پارک ملی گلستان با استفاده از تئوری جریان الکتریکی مدار

- **حیدر روحی**: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
- **هادی تحسینی***: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
- **عبدالرسول سلمان‌ماهینی**: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
- **حمیدرضا رضایی**: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۶

چکیده

مدل‌سازی ارتباطات بوم‌شناختی در بین زیستگاه‌ها وکاربرد این مدل‌ها در برنامه‌ریزی حفاظت، کمی‌نمودن اثر الگوهای مکانی سیما سرزمین بر درجه ارتباطات زیستگاهی ضرورت دارد. این مطالعه با هدف تعیین گذرگاه احتمالی پلنگ ایرانی (*Pantera pardus saxicolor*) دردو زیستگاه پارک‌ملی گلستان و پناهگاه حیات‌وحش خوش‌ییلاق انجام شده است، این دو زیستگاه از بارزترین زیستگاه‌های پلنگ بوده که در جوار همدیگر قرار دارند. ابتدا مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در دو زیستگاه با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی مورد بررسی قرار گرفت. لایه‌های اطلاعاتی به‌کار برده‌شده به‌عنوان متغیرهای مؤثر برحضور گونه شامل ارتفاع، شیب، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، فاصله ازجاده‌ها، روستاها، چشمه‌ها و رودخانه‌ها بوده است. هم‌چنین ازتئوری مدارهای الکتریکی برای بررسی ارتباطات زیستگاهی پلنگ ایرانی بین دو زیستگاه مذکور استفاده شد. یافته‌های حاصل از پژوهش نشان داد که مهم‌ترین عامل در انتخاب مسیر و جابه‌جایی پلنگ ایرانی یافتن مسیرهایی است که دارای امنیت کافی بوده و با مناطق مسکونی تداخلی نداشته باشد. به‌طورکلی چهار مسیر متفاوت برای جابه‌جایی پلنگ ایرانی شناسایی شد، که مهم‌ترین آن‌ها گذر پلنگ از قسمت جنوبی پارک در امتداد منطقه حفاظت‌شده لوه است. جایی‌که دارای پوشش مناسبی از جنگل بوده و به احتمال زیاد دارای طعمه‌کافی نیز می‌باشد، از سوی دیگر مهم‌ترین مسیر حرکت پلنگ در زیستگاه خوش‌ییلاق در شمال این منطقه قرار دارد در این‌جا دو مسیر با فاصله نسبتاً کمی از همدیگر مشخص شده است، که دارای تعدادکمی روستا ومناطق مسکونی است و همین امرمهم‌ترین عامل در انتخاب مسیر حرکت وجابه‌جایی پلنگ است. براساس نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه و نقشه مقاومت، نقشه جریان برای گونه هدف و هم‌چنین نواحی مهم ارتباطی در منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید.

کلمات کلیدی: تئوری مدار الکتریکی، پلنگ ایرانی (*Pantera pardus saxicolor*)، آشیان بوم‌شناختی، اختلاف پتانسیل، جریان

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: haditahsini@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تخریب و تجزیه زیستگاه از تهدیدات مهم تنوع زیستی هستند. تجزیه زیستگاه سبب کاهش مساحت و در نتیجه محدودشدن جمعیت‌های محلی به زیستگاه‌های کوچک می‌شود. نتیجه این امر افزایش درون‌آمیزی، کاهش تنوع ژنتیکی، افزایش حوادث دموگرافیک و درنتیجه افزایش ریسک انقراض است.ارتباط میان لکه‌های زیستگاهی و جمعیت‌ها عامل مهمی است که بر گستره وسیعی از فرآیندهای بوم‌شناختی نظیر جریان ژن، پویایی ابرجمعیت‌ها، افزایش گستره پراکنش گونه‌ها، بقاء جمعیت‌ها و حفظ تنوع زیستی تأثیرگذار بوده (Crooks، ۲۰۰۲) و یک ویژگی بسیار مهم سیمای سرزمین به شمار می‌رود (McRae و همکاران، ۲۰۰۸). مدل‌سازی ارتباط بوم‌شناختی درسیمای‌سرزمین برای فهم گستره وسیعی از فرآیندهای بوم‌شناختی اهمیت دارد. به‌منظور مدل‌سازی ارتباطات بوم‌شناختی در بین زیستگاه‌ها و کاربرد این مدل‌ها در برنامه‌ریزی‌حفاظت،کمی‌نمودن‌اثر الگوهای‌مکانی سیمای سرزمین بر درجه ارتباطات زیستگاهی ضرورت دارد. افزایش ارتباط سرزمین‌های تکه‌تکه‌شده یک راه مقابله با اثرات جداشدگی زیستگاه‌ها است. در این راستا، مفهوم راه‌های ارتباطی و کریدورها یک اقدام عملی و مستقیم جهت پاسخ به اثرات جداشدگی زیستگاه‌هاست. در متون و نوشته‌های علمی مختلف تعاریف تقریباً متنوعی از کریدورها با عناوین مختلف مانند گذرگاه‌های حیات وحش، گذرگاه‌های حرکت، گذرگاه‌های انتشار و غیره ارائه شده اما معنی و مفهوم همه آن‌ها تقریباً یکسان‌است. برای مثال، طبق تعریف (Beier و Noss، ۱۹۸۸)، گذرگاه حیات‌وحش یک زیستگاه خطی است که در یک زمینه ناهمگن برای ارتباط دو یاچند زیستگاه جدا شده از یکدیگر قرار گرفته است و باعث حفاظت از حیات‌وحش و افزایش یا حفظ زیستایی جمعیت‌های ویژه در آن زیستگاه‌ها می‌شود. کریدورهای حیات‌وحش با افزایش ارتباطات بین لکه‌ها (زیستگاه‌های جدا افتاده) باعث افزایش تنوع ژنتیکی و بقای گونه و از انقراض گونه جلوگیری می‌کنند.این‌لکه‌هاکه توسط فعالیت‌های انسان ازجمله توسعه صنعتی، شهرنشینی، کشاورزی، جاده‌سازی، تغییر کاربری اراضی و دیگر فعالیت‌های انسانی ایجاد شده‌اند، باعث اختلال در ارتباط جمعیت‌های حیات‌وحش، جلوگیری از جریان ژن بین جمعیت‌ها، ایزوله شدن تنوع ژنتیکی و نهایتاً انقراض گونه را به همراه دارند. گیاهان و جانوران می‌توانند از کریدورها برای پراکندگی و مهاجرت استفاده کنند، که دو الگوی کلیدی حرکت برای تداوم گونه است. نظریه زیست‌شناسی حفاظت بیان می‌کند که احداث ساختارهای اتصال‌دهنده، حیات را در بین‌لکه‌های زیستگاهی جداشده افزایش می‌دهدویادست‌کم سطوحی از انتشار بین لکه‌ای را حفظ می‌نماید و بنابراین، باعث حفظ جریان ژن و زیستایی جمعیت می‌گردد (Corlatti و همکاران، ۲۰۰۹). براین اساس، باید به گزینه حفظ کریدورها و اتصال مصنوعی مانند روگذر و زیرگذر در جبران اثرات منفی و مضر جاده‌ها بر حیات‌وحش به‌عنوان گذرگاه مناسب بیش‌تر اهمیت‌داده‌شود. برای تعیین محدوده پراکنش گونه‌ها و مطلوبیت زیستگاه‌ها فنون مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه بر اساس آنالیز رابطه بین گونه و زیستگاه ابداع شدند(Gibsonو همکاران، ۲۰۰۳). این مدل‌ها احتمال حضور گونه را بر اساس متغیرهای زیست محیطی پیش‌بینی می‌کنند. واژه کریدور (گذرگاه) به یک راه باریک از سرزمین گفته می‌شود که امکان عبور افراد گونه‌های حیات‌وحش را میان دو یا چند بلوک زیستگاهی فراهم می‌کند (Beier و همکاران، ۲۰۱۱). در طراحی کریدورهای زیستگاهی، الگوریتم نظریه‌نموداری (Graph theory)، از اهمیت بسیاری در زمینه ارتباط زیستگاهی حیات وحش‌برخوردار است(Bunn و همکاران، ۲۰۰۰). این الگوریتم، مطالعه روابط میان یک جفت (بلوک زیستگاهی) است و اندازه‌گیری‌های کمی از جفت‌ها و روابط کل شبکه را نشان می‌دهد. این نظریه که به‌صورت کاربردی‌در محیط سامانه‌اطلاعات‌جغرافیایی (Geographic Information GIS=System) تعبیه شده است، در برگیرنده روش‌های تحلیل کمینه هزینه(Least cost analysis)(Adriaensen و همکاران، ۲۰۰۳)، نظریه مدارهای الکتریکی (Electrical circuit theory)(McRae و همکاران، ۲۰۰۸) و تحلیل‌های مرکزیت (Centrality analyses) (Estrada و Bodin، ۲۰۰۸) است. تحقیق پیش‌رو نیز یکی از مسائل مهم در دو زیستگاه پارک ملی گلستان و پناهگاه حیات‌وحش خوش‌ییلاق یعنی تکه‌تکه‌شدگی زیستگاه این گونه توسط فعالیت‌های انسانی از جمله جاده‌سازی،تغییر کاربری اراضی (تبدیل جنگل به زمین‌های کشاورزی و مرتع)، مناطق مسکونی و صنعتی را مورد بررسی قرار داده و تعیین کریدور احتمالی بین این دو زیستگاه را به‌عنوان راهکاری در جبران اثرات منفی جاده‌سازی و دیگر فعالیت‌های انسانی و تلاش در جهت حفظ کریدورهای طبیعی و اتصال مجدد این دو زیستگاه و از همه مهم‌تر حفاظت حیات‌وحش را بررسی کرده است. گونه پلنگ به جهت

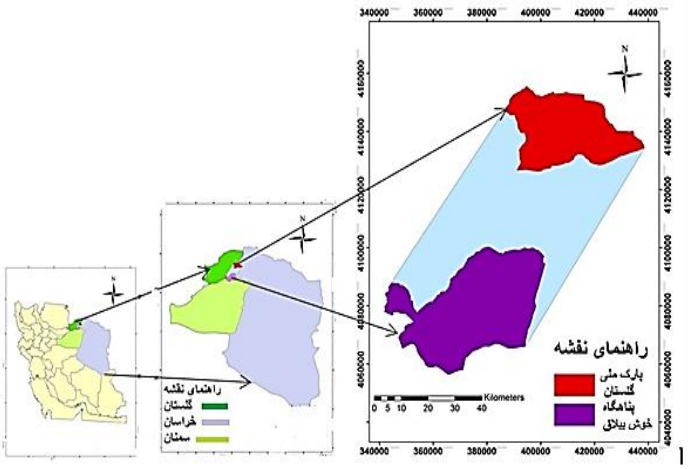
www.SID.ir

Archive of SID

اهمیت و قرارگیری در زمره حیوانات در معرض خطر انقراض فهرست سرخ اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources) و هم‌چنین به این دلیل که این گونه قابلیت جابه‌جایی بالایی دارد و گستره خانگی وسیع این گونه و این‌که این گونه در اکوسیستم خود گونه چتر است، نشان‌دهنده اهمیت بسیار زیاد این گونه می‌باشد که به‌عنوان گونه هدف در این مطالعه انتخاب شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخشی‌هایی از سه استان گلستان، خراسان شمالی و سمنان است (شکل ۱). پارک ملی گلستان در سال ۱۳۴۶ به‌عنوان نخستین پارک ملی ایران تعیین و در سال ۱۳۵۵ به‌عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره انتخاب شد. این پارک با مساحتی برابر با ۹۱۸۹۵ هکتار و در موقعیت جغرافیایی بین ۳۷/۳۱ الی ۵۳/۰۴ عرض شمالی و ۵۵/۴۳ الی ۶۶/۱۷ طول شرقی در استان‌های گلستان، خراسان شمالی و سمنان و در منتهی‌الیه شرقی جنگل‌های خزری واقع شده و منطقه‌ای کوهستانی با دامنه ارتفاع ۴۵۰ تا ۲۴۱۱ متر از سطح دریا است. پارک ملی گلستان منطقه‌ای کوهستانی است. بخش اعظم آن را کوه‌های بلند و دره‌های عمیق تشکیل می‌دهد و ناحیه دشتی واقع در جنوب‌شرقی آن قسمت کوچکی را شامل می‌شود. حداقل ارتفاع ۴۵۰ متر در تنگراه و حداکثر آن ۲۴۱۱ متر در قله دیورکجی است (ضیایی، ۱۳۸۷). اهمیت این منطقه از لحاظ بین‌المللی نیز به‌دلیل قرارگیری آن در فهرست ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره جهانی در سال ۱۹۷۷ است (مجنونیان و همکاران، ۱۳۸۷). پناهگاه حیات‌وحش خوش‌ییلاق منطقه با مساحت ۱۵۰۰۵۷ هکتار در استان‌های گلستان و سمنان قرار دارد، در سال ۱۳۴۶ حفاظت شده اعلام و در سال ۱۳۵۴ به پناهگاه حیات‌وحش تبدیل شد. دامنه ارتفاعی ۱۰۹۷ تا ۲۸۸۲ متر، دمای متوسط ۸ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد و بارندگی متوسط ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر منطقه را دارای اقلیم‌های خشک بیابانی گرم تا نیمه مرطوب معتدل کرده است. تنوع زیاد بوم سازگانی منطقه که شامل جنگل‌های کوهستانی خزری و هم‌چنین اراضی دشتی خشک و بیابانی است، تنوع زیستی زیاد و ارزشمندی به آن بخشیده است (DarvishSefat، ۲۰۰۶). این منطقه که در ۴۷ کیلومتری جاده آزادشهر شاهرود- آزاد شهر، از جنوب‌غربی به منطقه نظامی چهل دختر و دشت‌جیلان و از شرق هم به جاده حسین‌آباد- کالپوش منتهی می‌شود. ارزش بالای پناهگاه حیات‌وحش خوش ییلاق به‌دلیل وجود "اکوتون" مابین اکوسیستم بیابانی و جنگلی است. اکوتون مرز بین دو اکوسیستم متفاوت و جدا از هم است. با ارزش‌ترین ذخایر اکوسیستمی در اکوتون‌ها قرار دارند و معمولاً از تنوع زیستی بالایی برخوردارند. منطقه مورد مطالعه شامل سه بخش پارک ملی گلستان در شمال منطقه مورد مطالعه و پناهگاه حیات‌وحش خوش ییلاق در جنوب و محدوده بین این دو زیستگاه است، جایی‌که بخشی از سه استان سمنان، گلستان و خراسان رضوی را شامل می‌شود. تنوع زیاد بوم‌سازگانی این منطقه شامل جنگل‌های کوهستانی خزری در سمت شمال و غرب منطقه است که منطقه حفاظت شده لوه را نیز پوشش می‌دهد و هم‌چنین اراضی دشتی خشک و بیابانی و کوهستان‌های صخره‌ای در قسمت‌های شرقی منطقه است. هم‌چنین این منطقه دارای اکوتون مابین اکوسیستم بیابانی و جنگل‌های انبوه خزری می‌باشد که تنوع زیستی زیاد و ارزشمندی به این بخشیده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

معرفی گونه پلنگ ایرانی (*Pantera pardus saxicolor*): پلنگ یکی از ۳۷ گونه گربه‌سان دنیا به‌شمار می‌آید (که البته برخی از متخصصین اعتقاد دارندکه این خانواده ۳۶ عضو دارد) (ضیایی،۱۳۸۷). دارای جثه بزرگ و بدنی عضلانی و قابل‌انعطاف است. سر آن پهن و کشیده است. دست و پای پلنگ کوتاه که به ۴ انگشت در پا و ۵ انگشت

www.SID.ir

Archive of SID

در دست ختم می‌شود. سازش پلنگ با بوم سازگان‌های مختلف بازتابی از قدرت و انعطاف‌پذیری این جانور است. براساس رده‌بندی اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع‌طبیعی پلنگ درسطح گونه در طبقه least concern قرار گرفته است (Huntera و همکاران، ۲۰۰۳)، در حالی‌که بسته به نوع زیرگونه از رده‌بندی حفاظتی متفاوتی برخوردار است. زیرگونه (*saxicolor*) که به نام پلنگ ایرانی مشهور است و از هندوستان به غرب آسیا (به‌استثنای شبه جزیره عربستان) تمامی پلنگ‌ها را شامل می‌شود، در سال ۲۰۰۸ میلادی و در زمره گونه‌های در خطر انقراض (Endangered) لیست قرمز قرار گرفته است (قدوسی و همکاران، ۱۳۸۷).

روش تحقیق: در این پژوهش، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در منطقه مورد مطالعه با روش تجزیه و تحلیل آشیان بوم‌شناختی انجام شده و سپس در ادامه با استفاده از تئوری مدارهای الکتریکی شبکه‌انتشار بالقوه و کریدوراحتمالی بین‌دوزیستگاه حفاظت استفاده‌شده‌است.نرم‌افزار بایومپر درسال ۲۰۰۰توسط Hirzel طراحی گردید. به‌کمک این نرم‌افزار مدیران حیات‌وحش و زیست‌شناسان می‌توانند شناخت بهتری از آشیان بوم‌شناختی و توزیع جغرافیایی بالقوه گونه هدف به‌دست آورند. این نرم‌افزار شامل مجموعه‌ای از سامانه اطلاعات جغرافیایی و برنامه‌های آماری است که برای تولید نقشه تناسب زیستگاه تهیه گردیده است. محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه تنها براساس داده‌های حضور گونه هدف امکان‌پذیر است و بنابراین، باعث می‌گردد تا در زمان و هزینه تهیه اطلاعات مورد نیاز صرفه‌جویی گردد (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷). این روش همانند تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) متغیرهای محیط زیستی را در تعداد کم‌تری از متغیرهای غیرهم‌بسته به‌نام عامل خلاصه می‌کند با این تفاوت که عامل‌ها از نظر بوم‌شناختی معنی‌دار هستند و می‌توانند به‌عنوان متغیرهای جدید در مدل تناسب زیستگاه به‌کار روند (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷؛ Srisan و همکاران، ۲۰۰۷؛ Galparsoro و همکاران، ۲۰۰۹؛ Wang و همکاران، ۲۰۰۹).
یکی از روش‌های تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه‌های حیات‌وحش و تهیه نقشه آن، استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (Eecological Niche Factor Analysis) است که به اختصار ENFA خوانده می‌شود. دقت‌مدل‌سازی در روش ENFA درمقایسه‌باروش‌های GLM، GAM و Regression Tree در پاره‌ای اوقات- نظیر زمانی‌که مشاهده حضور گونه دشوار است و یا بنا به‌دلایلی، حتی در صورت مناسب بودن زیستگاه، گونه حضور ندارد و یا این‌که زیستگاه حقیقتاً برای گونه نامساعد است نتیجه مطلوب‌تری خواهد داشت (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۲). تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی هسته مرکزی نرم‌افزار بایومپر را تشکیل می‌دهد. تحلیل انجام شده در ENFA مشابه تجزیه به مولفه‌های اصلی به محاسبه فاکتورهایی می‌پردازد که توضیح دهنده بخش عمده‌ای از تاثیر متغیرهای مستقل محیط زیست گونه‌ها است. در این مطالعه از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی برای تهیه مدل مطلوبیت زیستگاه و هم‌چنین نرم‌فزار ایدریسی برای تحلیل حساسیت و نیز ساخت لایه‌های اطلاعاتی و ورود آن‌ها به نرم‌افزار بایومپر استفاده شد. لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل در نرم‌افزار بایومپر را می‌توان به دو دسته لایه‌های اطلاعاتی شامل Work mapو Ecogeographical maps طبقه‌بندی کرد. این لایه‌ها در ابتدا در نرم‌افزار ایدریسی تهیه و تنظیم و سپس به نرم‌افزار بایومپر وارد شدند.

Work map: نقشه متغیر وابسته یا نقاط حضور گونه یک نقشه رستری نقطه‌ای است که باید به شکل بولین (صفر و یک) تهیه گردد. عدد یک در واقع همان نقاط و مناطقی است که در کار صحرایی ثبت گردیده است و نشان‌دهنده محل‌هایی است که گونه در آن حضور دارد (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷). تهیه نقشه پراکنش افراد گونه هدف نیاز به کار میدانی و جمع‌آوری داده‌های صحرایی دارد. به‌دلیل این‌که روش تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی تنها براساس داده‌های حضور گونه استوار است، بنابراین باید نسبت ثبت داده‌های حضور حاصل مشاهدات مستقیم و یا غیرمستقیم گونه مورد نظر مبادرت ورزید. طبق نظر Hirzel تعداد نقاط حضور گونه حتی می‌تواند ۲۰یا ۳۰ عدد باشد، اما زیادتر بودن تعداد نقاط به سود صحت مدل و معنی‌داری آن است (هیرزل و همکاران، ۲۰۰۷).

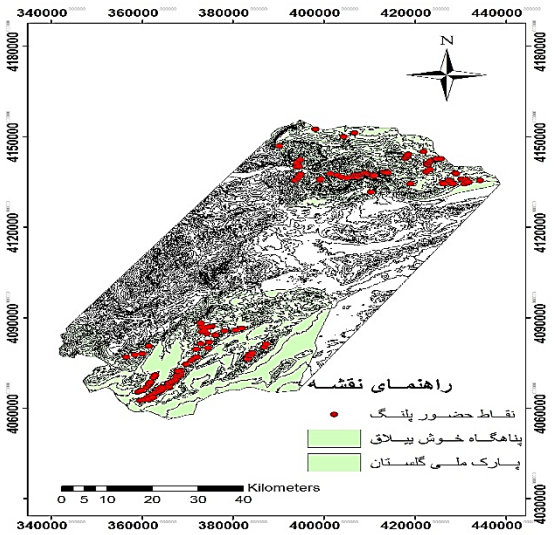
Ecogeographical maps: نقشه‌های رستری متغیرهای جغرافیای زیستی(Ecogeographical Variables یا EGV) بر حضور گونه تأثیر دارندو به‌عنوان متغیرهای مستقل به‌کار می‌روند. متغیرهای جغرافیای زیستی‌عوامل مکانی ناحیه مورد مطالعه هستند و عوارض کمیّ منطقه را توصیف می‌نمایند (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷). نحوه آماده‌سازی نقشه متغیرهای مستقل جغرافیای زیستی برای این گونه به‌ترتیب به قرار زیر است:

www.SID.ir

Archive of SID

تهیه فهرستی از متغیرهای جغرافیای زیستی مؤثر در حضور گونه هدف: نقشه‌های رستری مدل رقومی ارتفاع (Digital Elevation =DEM Model) با استفاده از نقشه خطوط تراز ۲۲متری)، شیب و جهت (براساس مدل رقومی ارتفاع)، روستاهای داخل منطقه، منابع آبی شامل چشمه‌ها و رودخانه‌های دائمی و فصلی،جاده‌های ماشین‌رو و آسفالته، پاسگاه‌های محیط‌بانی و شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی (حاصل ترکیب باند ۲ و ۳ تصویر ماهواره‌ای IRS سال ۲۰۱۲ میلادی) نیز تهیه گردید.

رستری کردن نقشه‌ها در نرم‌افزار ایدریسی و توجه به یکسان بودن قالب همه نقشه‌ها: منظور از یکسان‌سازی نقشه‌ها یکی بودن سیستم مختصات آن‌ها، طول و عرض جغرافیایی، نوع لایه، فرمت لایه تعداد سطر و ستون و هر پارامتری که در جدول اطلاعات متغیر مورد نظر وجود دارد. بدین‌منظور می‌توان یک لایه را به‌عنوان الگو مشخص نمود و بقیه لایه‌ها را براساس آن تهیه کرد. در این پژوهش نقشه رستری DEM منطقه به‌عنوان الگو انتخاب گردید.



شکل ۲: نقاط حضور پلنگ ایرانی در پارک ملی گلستان و پناهگاه حیات‌وحش خوش‌ییلاق

مراحلی که در نرم‌افزار بایومپر انجام می‌گیرد به‌ترتیب عبارتند از: ۱)فراخوانی لایه‌های متغیرهای زیستگاهی و نقشه حضور گونه، ۲) کمی کردن لایه‌ها: همان‌طورکه ذکر شد، برای این‌که نقشه‌ها از نظر زیستی معنی‌دار باشند باید آن‌ها را کمی نمود. برای این منظور دو روش تحلیل دایره‌ای و مستقیم وجود دارد، ۳) به‌دلیل این‌که نقشه‌های جغرافیای زیستی و هم‌چنین نقشه حضور گونه باید توزیع نرمال داشته باشند بنابراین، باید وضعیت آن‌ها را بررسی کرد و سپس برای اطمینان کامل از نرمال بودن داده‌ها آزمون کلمیوگروف- اسمیروف را انجام داد. اگر داده‌ها نرمال نباشند نرمال‌سازی به‌روش باکس-کاکس (Box-Cox) که در بایومپر قابل اجراست توصیه می‌گردد، ۴) ماسک کردن مجموع نقشه متغیرهای مستقل و وابسته جهت اطمینان از این که آن‌ها ناحیه یکسانی را پوشش می‌دهند، ۵) مقایسه یکنواختی و قابلیت استفاده نقشه‌ها از مسیر Verify امکان‌پذیر است.در این عملیات همسانی مقادیر سلول‌های زمینه و غیره بررسی می‌گردد. لایه‌های ناهمسان در این مرحله مشخص می‌شوند، ۶) بررسی همبستگی بین نقشه‌های جغرافیای زیستی از طریق ماتریس همبستگی. در این مرحله باید لایه‌های همبسته (در این مطالعه همبستگی بالای ۰/۸۵) را حذف نمود. به‌دلیل این‌که این تحلیل به متغیرهایی نیاز دارد که مستقل و بدون همبستگی باشند، در تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی اگر دو متغیر همبستگی داشته باشند هر دو یا یک ضریب در مدل ظاهر خواهند شد. تصمیم به نگه داشتن هر دو لایه و یا حذف یکی از آن‌ها بر عهده بوم‌شناس است. متغیرهایی که مقدار معنی‌داری از تغییرات را توضیح نمی‌دهند از مدل نهایی حذف می‌شوند، ۷) اجرای تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی، ۸) محاسبه عوامل مورد نیاز جهت تهیه نقشه تناسب زیستگاه، ۹) محاسبه نقشه تناسب زیستگاه.

تئوری جریان الکتریکی (theory -Circuitscape) نظریه مدار را برای مدل‌سازی ارتباطی جمعیت‌های حیات‌وحش در سیمای سرزمین‌های ناهمگن به‌کار می‌گیرد. این نرم‌افزار معمول‌ترین برنامه کاربردی است که حرکت و جریان ژن را برای گیاهان و جانوران مدل‌سازی می‌کند، و هم‌چنین مناطق مهم را برای حفاظت برای اتصال بین زیستگاه‌ها شناسایی می‌کند. تئوری مدار، مکمل مدل‌های معمول مورد استفاده است،جهت پیش‌بینی و شناسایی ارتباطات زیستگاهی روش‌های متعدی توسعه یافته است که از داده‌های سیمای سرزمین استفاده می‌نمایند. این روش‌ها شامل:

۱) استفاده از شاخص‌های الگوی سیمای سرزمین (McRae، ۲۰۰۶)، ۲) شبیه‌سازی حرکات افراد (Individual movements simulation) (فاخران‌اصفهانی، ۱۳۸۷)، ۳)روش‌های تحلیلی ارتباط شبکه (Analytical measures of network connectivity) است (McRae و Shah، ۲۰۱۱).

www.SID.ir

Archive of SID

ازجمله رویکردهای تحلیلی که اخیراً برای کمی نمودن ارتباطات زیستگاهی مورد استفاده قرارگرفته است، تئوری مدار الکتریکی (Circuitscape theory) می‌باشد. این تئوری در ابتدا برای آنالیز ارتباط در شبکه‌های شیمیایی، عصبی، اقتصادی واجتماعی و به تازگی برای مدل‌سازی جریان ژن در سیمای سرزمین غیریکنواخت مورد استفاده قرارگرفته‌است(ملکی‌نجف‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۹). مدارهای الکتریکی شبکه‌ای متشکل از گره‌ها بوده که به‌وسیله بخش‌های الکتریکی هدایت‌کننده جریان الکتریسته به یکدیگر متصل شده‌اند. براساس قانون اهم، زمانی که بین دو گره ولتاژ (V) برقرارشود، کل جریان عبوری به‌میزان ولتاژ برقرار شده و مقاومت رسیستورها بستگی خواهد داشت (McRae و همکاران، ۲۰۰۸). کاربرد تئوری مدار الکتریکی در مسائل بوم‌شناختی به‌دلیل شباهتی است که میان ارتباط بوم‌شناختی و ارتباط الکتریکی وجود دارد (McRae و Beier، ۲۰۰۷). در این تئوری گره‌های الکتریکی به‌عنوان لکه‌های زیستگاهی، حرکت جریان به‌منزله حرکت افراد و رسیستورهای میان گره‌ها به‌عنوان مسیرها یا کریدورهای زیستگاهی درنظرگرفته می‌شوند. همان‌طورکه افزایش تعداد رسیستورهای موازی باعث افزایش جریان عبوری از میان گره‌ها می‌شود، افزایش تعداد یا وسعت لکه‌های زیستگاهی مرتبط کننده جمعیت‌ها و زیستگاه‌ها نیز احتمال حرکت و ارتباط در میان آن‌ها را افزایش می‌دهد. تئوری مدار سیمای سرزمین را به‌عنوان سطحی رسانا درنظر می‌گیرد که هر پیکسل آن به یک گره الکتریکی تبدیل و با اتصال گره‌های مجاور به یکدیگر یک مدار الکتریکی تشکیل می‌شود(McRae و Shah، ۲۰۱۱).نتایج حاصل از این تئوری نقشه‌های جریان و ولتاژ است.شدت‌جریان الکتریکی‌شان‌دهنده احتمال حرکت افراد در سیمای سرزمین می‌باشد. به‌علاوه با استفاده از نقشه جریان می‌توان کریدورها و نواحی ارتباطی مهم در سیمای سرزمین را نیز شناسایی نمود. ولتاژ نیز که نشان‌دهنده میزان اختلاف شار جریان الکتریکی بین دو گره در یک مدار است، می‌تواند برای پیش‌بینی احتمال رسیدن فردی از یک نقطه از مدار به مقصدی معین یا به عبارتی پیش‌بینی میزان موفق بودن انتشار افراد استفاده شود (McRae و همکاران، ۲۰۰۸). برتری این مدل نسبت به دیگر مدل‌های تحلیلی متداول که به بررسی ارتباطات زیستگاهی می‌پردازند در شناسایی مسیرهای متعدد برای انتشار گونه‌هاست (McRae، ۲۰۰۶). فایده این روش این است که اگر زمانی یک یا تعدادی از مسیرهای انتشار و مهاجرت از دست بروند، اهمیت دیگر مسیرهای پیش‌بینی شده باقی‌مانده افزایش پیدا می‌کند. مهم‌تر این‌که مدل‌های ارتباطی حاصل از این تئوری تا حد زیادی به چگونگی حرکت واقعی گونه‌ها در سیمای سرزمین نزدیک می‌باشد. تاکنون مطالعات متعددی از این تئوری برای بررسی ارتباطات و شناسایی کریدورها استفاده شده است، ازجمله مطالعه Roever و همکاران (۲۰۱۳) که از این تئوری برای بررسی ارتباطات میان جمعیت فیل‌ها در آفریقای جنوبی و ارزیابی کارایی شبکه مناطق حفاظت شده استفاده نمودند. جهت شناسایی ارتباطات ممکن برای گونه‌های هدف با استفاده از تئوری مدارهای الکتریکی دو گروه لایه رستری به‌عنوان داده‌های ورودی به مدل، در نرم‌افزار Arc GIS۹,۳ تهیه گردید. ۱- لایه رستری زیستگاه‌ها ۲- لایه رستری گره‌های اصلی (Focal nodes).

نقشه زیستگاه‌ها نشان‌دهنده مقاومت (resistance) یا رسانایی (conduciveness) هر پیکسل سیمای سرزمین نسبت به عبور جریان می‌باشد(Minor و Urban، ۲۰۰۷).در این بررسی لایه‌رستری زیستگاه از نوع مقاومت انتخاب گردید که برای تهیه آن از مدل‌های مطلوبیت زیستگاهی پلنگ ایرانی به‌عنوان لایه اصلی استفاده شد. ایده استفاده از مدل‌های مطلوبیت زیستگاهی برای محاسبه مقاومت از این جهت است که در سیمای سرزمین، پیکسل‌هایی با خصوصیات زیستگاهی مطلوب مثلاً تراکم کم جمعیت انسانی و عدم حضورجاده‌ها مقاومت کمی در برابر عبور گونه دارند درحالی‌که پیکسل‌هایی با خصوصیات زیستگاهی ضعیف مانند اراضی کشاورزی، تراکم زیاد جمعیت انسانی و جاده‌ها مقاومت زیادی در برابر حرکت گونه نشان می‌دهند (Wang و همکاران، ۲۰۰۸). این بدین معنا است که میان مقاومت و مطلوبیت زیستگاه رابطه‌ای معکوس وجود دارد. بنابراین می‌توان از لایه مربوطه جهت تهیه لایه مقاومت استفاده نمود (Crooks و Sanjaya، ۲۰۰۶). در واقع لایه مقاومت عکس لایه مطلوبیت زیستگاه می‌باشد. جاهای که ارزش پیکسل‌ها بالاست بدین معنی است که موانع زیادی برای حرکت گونه وجود دارد و گونه تمایل کم‌تری به حرکت در آن مسیرها دارد. نقشه مطلوبیت زیستگاه لکه‌یا پلی‌گون‌هایی (معمولاًزیستگاه‌های اصلی)را نشان می‌دهدکه‌درجه‌ارتباط‌زیستگاهی‌میان‌آن‌ها مدل‌سازی می‌شود(McRaeو Shah، ۲۰۱۱).در این‌جا پلی‌گون‌های‌دارای‌مطلوبیت بالا در منطقه شناسایی و به‌کار گرفته شد. از آن‌جایی‌که برنامه مدار

www.SID.ir

Archive of SID

الکتریکی از داده‌هایی با فرمت ASCII استفاده می‌کند، پس از تهیه لایه‌ها در محیط ادریسی، فرمت آن‌ها به فرمت مورد نظر تبدیل شد. لایه مقاومت، از طریق معکوس کردن ارزش لایه مطلوبیت زیستگاهی به‌دست آمد، در واقع لایه مقاومت برعکس لایه مطلوبیت زیستگاهی است. به‌طوری‌که لکه‌هایی که مقاومت بالا دارند (ازجمله کاربری‌های انسانی، روستاها و جاده‌ها) در واقع همان نواحی زیستگاهی است که درنقشه مطلوبیت زیستگاه، میزان مطلوبیت آن‌ها حداقل می‌باشد. این برنامه با تبدیل پیکسل‌های رستر زیستگاهی به گره و اتصال هر کدام از آن‌ها به نزدیک‌ترین گره‌های مجاور شبکه‌ای تشکیل داده و شدت جریان عبوری از بین گره‌ها (ارتباط یا احتمال انتشار افراد) را محاسبه می‌کند. تعداد گره‌های مجاور که برای این منظور انتخاب شد ۱۲ عدد بود. جریان الکتریکی میان گره‌ها براساس میانگین مقاومت یا میانگین میزان رسانایی که بین گره‌ها وجود دارد، محاسبه می‌شود. به‌دلیل این‌که نقشه رستری انتخابی زیستگاه‌ها نشان‌دهنده مقاومت ناحیه مطالعه بود، محاسبه ارتباط نیز بر مبنای میانگین مقاومت تعیین گردید. تئوری مدار برای محاسبه ارتباط میان گره‌ها از یکی از چهار روش زیر استفاده می‌نماید:

۱- Pair wise: در این روش، ارتباط بین هر دو گره (پیکسل‌ها) محاسبه می‌شود. در این روش، به شکل اختیاری یک گره به خروجی و گره دیگر به یک منبع جریان یک آمپری (Source) وصل شده و جریان عبوری از دو گره محاسبه و این فرآیند بین تمامی جفت گره‌ها تکرار می‌شود.

۲- One – to – all: در این روش، یک گره به منبع جریان یک آمپری و بقیه گره‌ها به زمین متصل شده و فرآیند برای تک‌تک گره‌ها تکرار می‌شود.

۳-All-to-one: در این مدل یک گره به زمین و بقیه گره‌ها به یک منبع جریان یک آمپری متصل می‌شود. این روش، جایگزین خوبی برای روش اول است. به‌خصوص زمانی‌که هدف نقشه‌سازی نواحی ارتباطی مهم در میان لکه‌های زیستگاهی متعدد می‌باشد.

۴- Advanced mode: در این روش کاربر این اختیار را دارد که هر تعداد ورودی و خروجی برای جریان الکتریکی در سیمای سرزمین تعیین نماید (McRae و Shah، ۲۰۱۱). در این مطالعه از مدل سوم برای محاسبه جریان الکتریکی استفاده شد. چرا که نواحی مهم برای ارتباطات زیستگاهی را بهتر از سه مدل دیگر نشان داده، به‌علاوه سریع‌تر اجرا شده و به حافظه کم‌تری نیاز دارد. شناسایی نواحی که حرکت‌جریان یا به‌عبارتی حرکت گونه‌ها از طریق ناحیه باریکی صورت می‌گیرد، یکی از مهم‌ترین نتایج حاصل از نقشه‌های جریان برای گونه هدف می‌باشد. این نواحی ارتباطی مهم که pinch point نام دارند، حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین بخش‌های شبکه ارتباطی بوده، زیرا حذف یا کاهش زیستگاه‌ها در این نواحی می‌تواند باعث اختلال یا قطع ارتباط در کل ناحیه شود.

نتایج

تحلیل ENFA براساس لایه‌های اطلاعاتی رستری در این نرم‌افزار به اجرا در می‌آید. از این‌رو، اولین گام، ورود داده‌ها به نرم‌افزار است. نقشه‌هابه‌دوطبقه‌شامل: نقشه نقاط حضور گونه و نقشه‌های متغیرهای مستقل‌محیطی‌دسته‌بندی‌می‌شود.برای‌این‌مرحله،ماتریس‌همبستگی نقشه‌های EGV محاسبه شد. میزان همبستگی بین متغیرها کم‌تر از میزان بحرانی برای حذف یکی از متغیرها بود. لذا تمامی متغیرهای باقی‌مانده برای تحلیل ENFA مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱: بررسی میزان همبستگی لایه‌های مستقل محیطی

	ارتفاع	NDVI	رودخانه	جاده	شیب	روستا
ارتفاع	۱					
NDVI	۰/۴۷۵	۱				
رودخانه	-۰/۶۶۱	-۰/۳۴۶	۱			
جاده	-۰/۸۱۲	-۰/۴۱۴	۰/۶۲۶	۱		
شیب	۰/۸۳۵	۰/۵۸۱	-۰/۶۱۴	-۰/۵۳۸	۱	
روستا	-۰/۰۳۵	۰/۳۵۸	-۰/۶۰۲	-۰/۴۵۶	۰/۸۳۸	۱

خروجی‌مهم این تحلیل ماتریس امتیازها است که حاوی دو مؤلفه اصلی‌حاشیه‌گرایی‌وتخصص‌گرایی است و باید جهت درک بوم‌شناختی وضعیت موجود به دقت بررسی شوند. اولین ستون از جدول ماتریس امتیازها یا بردار ویژه همواره ۱۰۰درصد از عامل حاشیه‌گرایی و ۱۰ تا ۷۰درصد از تخصص‌گرایی را بیان می‌کند درحالی‌که سایر ستون‌ها یا به‌عبارت دیگر تعداد متغیرهای مستقل محیطی منهای یک فقط نشان‌دهنده‌عامل‌تخصص‌گرایی‌هستند.سطرهاسهم‌متغیرهای مستقل در هر عامل را نشان می‌دهند. در واقع، در این ماتریس عواملی که اطلاعات کافی را توضیح می‌دهند و هم‌چنین متغیرهایی که بالاترین

www.SID.ir

Archive of SID

ضریب(قدر مطلق) را نشان می‌دهند اهمیت زیادی در بیان توزیع گونه خواهند داشت. عواملی که ارزش تقریباً صفر دارند را می‌توان حذف کرد (جدول ۲).

جدول ۲: ماتریس امتیازات متغیرهای مستقل محیطی

	ارتفاع	NDVI	رودخانه	جاده	شیب	روستا
ارتفاع	۰/۱۳۹	-۰/۰۱۴	۰/۰۵۹	۰/۱۲۴	۰/۲۴۴	-۰/۹۵
NDVI	-۰/۰۰۱	۰/۰۸۲	۰/۱۱۴	۰/۴۳۶	۰/۶۴۲	-۰/۶۱۵
رودخانه	۰/۰۰۵	-۰/۰۰۶	-۰/۴۳۹	۰/۴۳۸	۰/۰۰۸	۰/۷۸۴
جاده	۰/۰۰۵	۰/۰۱۶	۰/۳۴۴	۰/۴۹۶	۰/۳۶	۰/۷۱۱
شیب	۰/۰۵۵	۰/۲۶۹	۰/۰۵۳	۰/۲۱۵	-۰/۰۸۹	-۰/۹۳۱

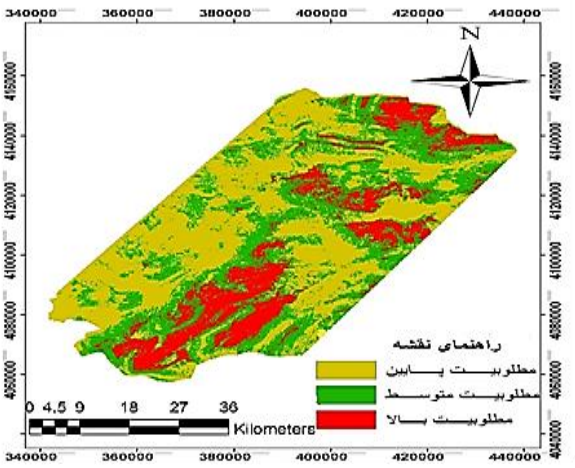
مقدار حاشیه‌گرایی اغلب بین صفر و یک قرار دارد (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷). مقادیر نزدیک به صفر بیان می‌کند. مقادیر نزدیک به یک نشان می‌دهد که گونه در یک زیستگاه بسیار ویژه زندگی می‌کند. در واقع حاشیه‌گرایی نشان‌دهنده موقعیت آشیان بوم‌شناختی در فضای محیط زیستی است (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷؛ Mertzanis و همکاران ۲۰۰۶). در این مطالعه مقدار حاشیه‌گرایی ۱/۱۱۴، تخصص‌گرایی ۷/۳۵۶ و تحمل‌پذیری ۰/۱۳۶ محاسبه گردید. دومین عامل آشیان بوم‌شناختی تخصص‌گرایی (Specialization Factor) است که نشان‌دهنده وسعت آشیان بوم‌شناختی است. به بیان دیگر این عامل معیاری است از دامنه شرایط محیط زیستی که گونه تحمل می‌کند (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷؛ Mertzanis و همکاران ۲۰۰۶). عامل تحمل‌پذیری عکس تخصص‌گرایی است و مقادیر نزدیک به صفر آن نشان‌دهنده تحمل‌پذیری پایین گونه و تخصصی بودن آن است و برعکس مقادیر بالا ضمن بیان تحمل زیاد گونه حاکی از آن است که گونه به شرایط بسیار ویژه و خاص در زیستگاه برای زندگی نیاز ندارد. مقادیر تحمل‌پذیری بین صفر تا یک متغیر است (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷؛ Mertzanis و همکاران، ۲۰۰۶؛ Wang و همکاران، ۲۰۰۹).

پس از اجرای تحلیل ENFA و دستیابی به خروجی‌های مربوطه می‌توان به محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه پرداخت. گام اول در محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه محاسبه نقشه معیار است (شکل ۳). نتایج این تحلیل برای محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه الزامی است. نکته حائز اهمیت در این تحلیل تعیین تعداد نقشه‌های ENFA وارد شونده به تحلیل مطلوبیت زیستگاه است. در تحلیل نقشه معیار، کاربر تعیین می‌کند چند نقشه ENFA طی این تحلیل تولید گردد. البته بایومپر خود نیز براساس معیار چوب شکسته Mc-Arthur تعداد نقشه‌های ENFA را پیشنهاد می‌کند لیکن کاربر می‌تواند خود این تعداد را بر اساس مقدار تجمعی واریانس توجیه شده توسط فاکتورها تعیین نماید (شکل ۴).

تعیین الگوریتم مناسب با استفاده از شاخص Boyce: برای تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه در بایومپر امکان به‌کارگیری الگوریتم‌های متفاوتی شامل Median، Distance geometric mean، Distance harmonic mean و Minimum distance فراهم شده است با توجه به این‌که نتایج حاصله بر مبنای انتخاب و به‌کارگیری هر الگوریتم متفاوت خواهد بود بنابراین انتخاب یک الگوریتم مناسب از اهمیت خاصی برخوردار است. بر این اساس هرچه میزان Boyce بیش‌تر و انحراف معیار کم‌تر باشد نشان‌دهنده آن است که الگوریتم انتخاب شده مناسب‌تر است (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۶). در این مطالعه، با مقایسه اعداد حاصله (جدول ۳)، الگوریتم هارمونیک انتخاب شد.

جدول ۳: مقایسه شاخص بویس در الگوریتم‌های مختلف

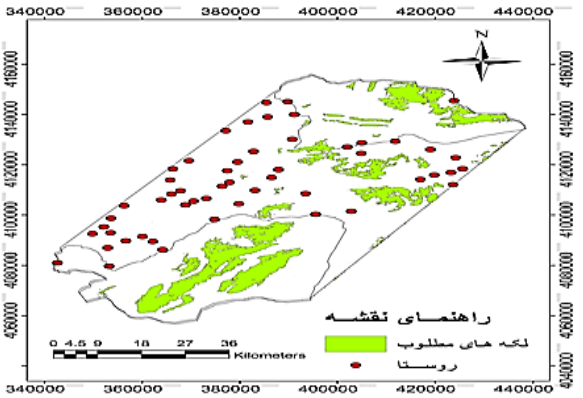
الگوریتم	انحراف معیار ± شاخص بویس
میانه	۰/۳۷۲ ± ۰/۳۲۰۹
هندسی	۰/۵۴۸ ± ۰/۳۳۶۵
هارمونیک	۰/۵۹۹ ± ۰/۳۶۲۴
حداقل فاصله	۰/۵۰۷ ± ۰/۳۲۵۱



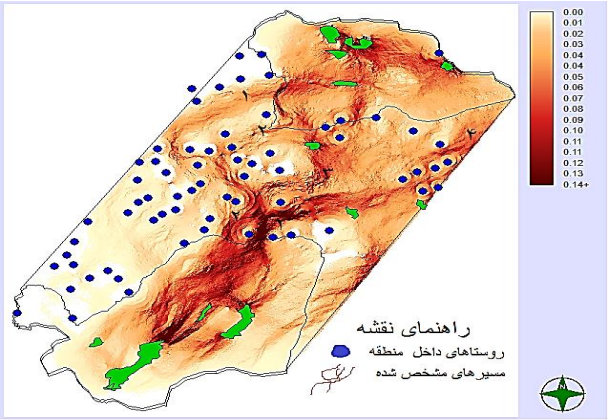
شکل ۳: مطلوبیت زیستگاه در منطقه مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۴: لکه‌هایی از زیستگاه دارای مطلوبیت بالا



شکل۵: نقشه جریان بین دو زیستگاه مورد مطالعه

بحث

حفظ و بازگرداندن ارتباط در بخش‌های مختلف سیمای سرزمین نیازمند مدل‌های ارتباطی و شاخص‌هایی است که قابل اعتماد و کارآمد باشند. ازجمله این مدل‌ها، مدل ارتباطی است که بر مبنای تئوری مدار الکتریکی بوده و برای پیش‌بینی الگوی حرکت در سیمای سرزمین، شناسایی لکه‌های زیستگاهی مهم و کریدورها با هدف برنامه ریزی برای حفاظت مورد استفاده قرار گرفته است (Hansen و Defries، ۲۰۰۷).در این مطالعه از این رویکرد مدل‌سازی جهت بررسی ارتباطات زیستگاهی و شناسایی کریدورهای مهاجرتی برای گونه آسیب‌پذیر پلنگ ایرانی میان پناهگاه حیات‌وحش خوش‌ییلاق و پارک ملی گلستان در سه استان گلستان، سمنان و خراسان شمالی استفاده شد. به‌دلیل این‌که بر مبنای رویکرد تئوری مدار، جریان عبوری از پیکسل‌ها (گره‌ها) معادل با احتمال حرکت گونه است، می‌توان این‌طور تفسیر نمود که در صورت تردد پلنگ ایرانی بین دو زیستگاه یاد شده، بخش‌هایی که شدت جریان عبوری از آن‌ها بالا است، محتمل‌ترین مسیر جهت عبور آن‌ها خواهند بود. شناسایی نواحی ارتباطی مهم در منطقه از دیگر نتایج مهم حاصل از نقشه‌های جریان است. حفاظت از این نواحی مهم دربخش جنوبی و غربی پارک ملی گلستان و بخش‌های شمالی پناهگاه حیات‌وحش خوش‌ییلاق از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.نتایج حاصل از اجرای تئوری مداردر شکل ۵ به شکل نقشه جریان نشان داده شده است. واضح است که پلی‌گون‌های سبز رنگ نشان‌دهنده لکه‌های مادر در دو زیستگاه اصلی است که به‌عنوان زیستگاه‌های اصلی برای پلنگ ایرانی تعیین شده‌اند .در این مدل ارزش هر پیکسل نشان‌دهنده شدت جریان عبوری از آن پیکسل(گره) یا به‌عبارتی احتمال حرکت گونه از یک لکه‌زیستگاهی به لکه‌های دیگر می‌باشد. رنگ‌های گرم‌تر (قهوه‌ای) شدت جریان بیش‌تر و به‌عبارت‌دیگر احتمال بالاتر انتشار گونه را نشان می‌دهد که در بخش‌های مختلفی از ناحیه مطالعه مشاهده می‌شود. هرچه به سمت قهوه‌ای کم‌رنگ پیش می‌رویم از میزان جریان و بالتبع از احتمال حرکت گونه کاسته می‌شود. همان‌طورکه از شکل برمی‌آید به‌طورکلی چهار مسیر متفاوت برای جابجایی پلنگ ایرانی شناسایی شد، که مهم‌ترین آن‌ها عبور پلنگ از قسمت جنوبی پارک در امتداد منطقه حفاظت شده لوه است، جایی‌که دارای پوشش مناسبی از جنگل بوده و به احتمال زیاد دارای طعمه کافی نیز می‌باشد، هم‌چنین مهم‌ترین مسیر حرکتی پلنگ در شمال پناه‌گاه حیات‌وحش خوش ییلاق قرار دارد، که دارای تعداد کمی روستا و مناطق مسکونی واقع است، همین امر مهم‌ترین فاکتور در حرکت و جابجایی پلنگ است، هم‌چنین در این شکل دایره‌های آبی‌رنگ روستاهای داخل منطقه را نشان می‌دهد که مهم‌ترین موانع در حرکت و جابه‌جایی پلنگ در منطقه است. در نواحی پررنگ احتمال حرکت گونه بسیار بالا است ولی پهنای کم بعضی نواحی ارتباط را بسیار آسیب‌پذیر می‌کند. در این پژوهش به‌طورکلی چهار مسیر متفاوت جهت ورود و خروج پلنگ از پارک ملی گلستان مشخص شده است، این مسیرها به‌صورت قهوه‌ای پررنگ نشان داده شده است. مهم‌ترین مسیر حرکت پلنگ از نزدیک روستای تنگ‌راه درقسمت جنوبی پارک است، جایی‌که منطقه حفاظت شده لوه به‌عنوان بافری برای پارک نقش به‌سزایی در جابه‌جایی

www.SID.ir

Archive of SID

حیات‌وحش علی‌الخصوص پلنگ دارد، اما با نگاه به مسیرهای ورودی و خروجی پلنگ در زیستگاه خوش‌ییلاق در می‌یابیم که فقط دو مسیر جهت ورود و خروج از منطقه وجود دارد، که با فاصله نسبتاً کمی از همدیگر قرار دارند، قسمت‌های شمالی این زیستگاه جایی که کم‌ترین فاصله را با پارک دارد و هم‌چنین دارای پوشش مناسبی از جنگل و پوشش گیاهی است، مهم‌ترین مکان‌ها جهت تردد پلنگ است. با بررسی‌های میدانی و پرسش‌های به‌عمل آمده از افراد محلی در فواصل بین دو زیستگاه مشخص شد که پلنگ در فصول مختلف سال در بسیاری از مسیرهایی که به‌عنوان مسیرهای پیشنهادی مشخص شده است، توسط مردم محلی و دامداران دیده شده است و موارد متعدی از حمله پلنگ به احشام توسط دامداران گزارش شده است، همین امر گواه محکمی بر این ادعاست که پلنگ از مسیرهای مشخص شده چه به‌صورت عبوری و چه به‌صورت مهاجری حرکت می‌کند.

Roever و همکاران، (۲۰۱۲) از این تئوری استفاده نمودند تا ارتباط میان شش گروه از جمعیت فیل‌ها در آفریقای جنوبی را برای بررسی کارایی شبکه مناطق حفاظت شده در هندوستان ارزیابی کنند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که در بخش مرکزی ناحیه مطالعه احتمال زیادی برای برقراری ارتباط میان جمعیت‌ها وجود دارد. کریدورهای مهاجرتی نیز براساس محدوده‌های عبور حداکثر شدت جریان در منطقه مطالعه برای دو گونه شناسایی و کارایی آن‌ها براساس عواملی مانند پهنا و نحوه توزیع زیستگاه‌ها بررسی شد (Roever و همکاران، ۲۰۱۳).

ملکوتی‌خواه و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان استفاده از تئوری مدارهای الکتریکی جهت شناسایی کریدورهای مهاجرتی بین پناهگاه‌های حیات وحش موته و قمشلو در استان اصفهان (ایران) نشان دادند بین زیست‌گاه‌های مذکور براساس نقشه‌های جریان، الگوی حرکت و ارتباطات عملکردی برای گونه‌های هدف نواحی مهم ارتباطی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد (ملکوتی‌خواه و همکاران، ۱۳۹۲). Walpole و همکاران (۲۰۱۲) نیز با استفاده از این تئوری موفق به پیش‌بینی و بررسی ارتباط عملکردی و کریدورهای زیستگاهی سیاه‌گوش در حاشیه جنوبی محدوده پراکنش آن در کانادا شدند. مقایسه نقاط حضور این گونه با کریدورهای شناسایی شده حاصل از نقشه جریان نشان داد که سیاه‌گوش از مسیرهایی عبور می‌کند که ارتباط بالاتری برای این گونه ایجاد می‌نمایند. اگر قرار است که گونه‌ها از این کریدورها استفاده نمایند، در دسترس بودن و کیفیت زیستگاه‌های موجود در آن‌ها اهمیت بسیاری پیدا می‌کند (Walpole و همکاران، ۲۰۱۲).

به‌منظور مدیریت بهینه زیستگاه پلنگ و حفاظت موثر از آن و هم‌چنین شناخت بیش‌تر نیازهای زیستگاهی این گونه در پناهگاه حیات‌وحش خوش‌ییلاق و پارک ملی گلستان و غنی‌سازی بانک اطلاعات جانوری، و در جهت تکمیل هرچه بیش‌تر نتایج حاصل از این پژوهش پیشنهاد می‌گردد که در مسیرهای پیشنهاد شده با نصب دوربین‌های تله‌ای پایش سالانه بر روی این گونه انجام شود، به‌علاوه استفاده از ابزارهای رادیوتله‌متری جهت بررسی مطالعات دقیق‌تر و رفتارشناسی پلنگ و هرچه بهترحفاظت پلنگ ضروری است. راهکار پیشنهادی دوم نصب علائم هشداردهنده در طول مسیرها به‌ویژه جاده‌هایی که زیستگاه‌ها را از هم جدا کرده‌اند، ضروری است. مطالعات ژنتیکی برای بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود در ژنوم پلنگ ایرانی در دو زیستگاه پارک ملی گلستان و پناه‌گاه حیات‌وحش خوش‌ییلاق به‌عنوان راهکار سوم جهت تلکمیل این پژوهش پیشنهاد می‌گردد.

منابع

۱. **سلمان‌ماهینی، ع. و کامیاب، ح.ر.، ۱۳۸۸.** سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی. انتشارات مهر مهدیس. تهران. ۵۸۲ صفحه.

۲. **ضیایی، ه.، ۱۳۸۷.** راهنمایی صحرایی پستانداران ایران. انتشارات کانون آشنایی با حیات وحش. ۳۵۰ صفحه.

۳. **فاخران‌اصفهانی، س.، ۱۳۸۷.** بررسی امکان ایجاد کریدورهای زیستگاهی علف‌خواران بزرگ بین پناهگاه‌های حیات‌وحش موته و قمیشلو. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۲۰ صفحه.

۴. **قدوسی، ا.؛ عشایری، د.؛ مشیری، ح.؛ قدیریان، ط.؛ خالقی حمیدی، ا.؛ قشقایی، ع.؛ حمزه‌پور، م.؛ ظهرابی،ح.؛ جولایی، ل. و خوروزیان، ا.، ۱۳۸۷.** پروژه پلنگ ایرانی، گزارش سالانه ۱۳۸۶ الی ۱۳۸۷. انجمن طرح سرزمین. تهران. صفحات ۲۱۴ تا ۲۵۱.

۵. **مجنونیان، ه.؛ زاهد، ب.؛ کیابی، ب.؛ فرهنگ‌دره‌شوری، ب. و گشتاسب میگونی، ح.، ۱۳۷۸.** پارک ملی گلستان (ذخیره‌گاه زیست کره). سازمان حفاظت محیط زیست. تهران. ۱۲۹ صفحه.

www.SID.ir

Archive of SID

۶. **ملکوتی‌خواه، ش.، ۱۳۹۲**. استفاده از تئوری مدارهای الکتریکی جهت شناسایی کریدورهای مهاجرتی بین پناهگاه‌های حیات وحش موته و قمشلو در استان اصفهان. مجله اکولوژی کاربردی. سال ۲، شماره ۵، صفحات ۲۳ تا ۳۴.

۷. **ملکی‌نجف‌آبادی، س.؛ همامی، م.ر.؛ ماهینی، ع. و راهداری، و.، ۱۳۸۹**. استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی جهت مدیریت زیستگاه حیات وحش: مطالعه موردی قوچ و میش اصفهانی (*Ovis orientalis isfahanica*) در پناهگاه حیات وحش موته. همایش ملی ژئوماتیک.

۸. **Adriaensen, F.; Chardon, J.P.; De Blust, G.; Swinnen, E.; Villalba, S.; Gulinck, H. and Matthysen, E., 2003** The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. Landscape and Urban Planning. Vol. 64, pp: 233-247.

۹. **Beier, P. and Noss, R.F., 1998.** Do habitat corridors provide connecti vity? Conservation Biology. Vol. 12, No. 6, pp: 1241-1252.

۱۰. **Bunn, A.G.; Urban, D.L. and Keitt, T.H., 2000.** Landscape connectivity: A conservation application of graph theory. Journal of Environmental Management, Vol. 59. pp: 265-278.

۱۱. **Corlatti, L.; Hacklander, K. and Frey-Rous, F., 2009.** Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. Conservation Biology.

۱۲. **Crooks, K.R., 2002**. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. Journal of conservation biodiversity. Vol. 16, No. 2, pp: 488-502.

۱۳. **Crooks, K.R. and Sanjayan, M., 2006**. Connectivity Conservation. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 732 p.

۱۴. **Darvish Sefat, A., 2006**. Atlas of protected areas of Iran. Department of the Environment, Iran. 157 p.

۱۵. **Estrada, E. and Bodin, O., 2008**. Using network centrality measures to manage landscape connectivity. Ecological Applications. Vol. 18, pp: 1810-1825.

۱۶. **Galparsoro, I.; Borja, A.; Bald, J.; Liria, P. and Chust, G., 2009.** Predicting sustainable habitat for the European lobster (*Homarus gammarus*), on the basque continental shelf (Bay of Biscay), using ecological-niche factor analysis. Ecological Modeling. Vol. 220, pp: 550-567.

۱۷. **Gibson, L.A.; Wilson, B.A.; Cahill, D.M. and Hill, J., 2003.** Modeling habitat suitability of the Swamp Antechinus. Biological Conservation Vol. 117, No. 2, pp: 143-150.

۱۸. **Hansen, A.J. and Defries, R., 2007.** Ecological mechanisms linking protected areas to surrounding lands. Journal of Ecological Applications. Vol. 17, pp: 974-988.

۱۹. **Hirzel, A.H.; Hausser, J. and Perrin, N., 2007**. Biomapper 4.0, Laboratory for Conservation Biology, Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne, Switzerland. URL, Viewed 10 November 2010. http://www2.unil.ch/ biomapper.

۲۰. **Hirzel, A.H., 2001**. When GIS come to life. Linking landscape- and population ecology for large population man agement modelling: the case of Ibex (Capra ibex) in Switzerland. PhD Thesis. Faculté des Sciences de L' Université de Lausanne. 114 p.

۲۱. **Huntera, L.; Balme, G.; Walker, C.; Pretorius, K. and Rosenberg, K., 2003**. The landscape ecology of leopards (*Panthera pardus*) in northern KwaZula-natal, South Africa: A preliminary project report. Ecological journal. pp: 88-94.

۲۲. **McRae, B.H.; Dickson, B.; Keitt, T.H. and Shah, V., 2008**. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution and conservation. Journal of Ecology. Vol. 89, No. 10, pp: 2712-2724.

۲۳. **McRae, B.H., 2006**. Isolation by resistance. Journal of Evolution. Vol. 60, pp: 1551-1561.

۲۴. **McRae, B.H. and Beier, P., 2007**. Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. Journal of Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol. 104, pp: 19885-19890.

۲۵. **McRae, B.H. and Shah, V.B., 2011**. Circuitscape User Guide. The University of California, Santa Barbra.

۲۶. **McRae, B.H.; Dickson, B.; Keitt, T.H. and Shah, V., 2008**. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution and conservation. Journal of Ecology. Vol. 89, No. 10, pp: 2712-2724.

۲۷. **Mertzanis, G.; Korakis, G.; Kallimanis, A.; Sgardelis, S.T. and Aravidis, I., 2006**. Bear habitat suitability in relation to habitat types of European interest in NE pindos mountain range, Greece. pp: 321-326.

۲۸. **Minor, E.S. and Urban, D.L., 2007**. Graph theory as a proxy for spatially explicit population models in conservation planning. Journal of Ecological Applications. Vol. 17, pp: 1771-1782.

۲۹. **Roever, C.L.; Van Aarde, R.J. and Leggett, K., 2012**. Functional responses in the habitat selection of a generalist mega-herbivore, the African savannah elephant. Ecography. Vol. 35, pp: 1-11.

۳۰. **Roever, C.L.; Van, A.R.J. and Leggett, K., 2013.**

www.SID.ir

Archive of SID

Functional connectivity within conservation networks: Delineating corridors for African elephants. Journal of Biological Conservation. Vol. 157, pp: 128-135.

۳۱. **Srisang, W.; Jaroensutasinee, K. and Jaroensutasinee, M., 2007.** Assessing habitat suitability models with a virtual species aat Khao Nan national park, Thailand. Proceeding of world academy of science. Engineering and technology. Vol. 21, pp: 1307-6884.

۳۲. **Walpole, A.A.; Bowman, J.; Murray, D.L. and Wilson, P.J., 2012**. Functional connectivity of lynx at their southern range periphery in Ontario, Canada. Landscape Ecology. Vol. 27, pp: 761-773.

۳۳. **Wang, X.; Weihua, X. and Ouyang, Zh., 2009**. Integrating population size analysis into habitat suitability assessment: implications for giant panda conservation in the Minshah Mountain, China. The Ecological Society of Japan.

۳۴. **Wang, Y.; Yang, K. Bridgman, C.L. and Lin, L., 2008**. Habitat suitability modeling to correlate gene flow with landscape connectivity. Journal of Landscape Ecology. Vol. 23, pp: 989-100.

www.SID.ir